

310/323.02

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-126359

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 2 N 2/00

C

08/

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全8頁)

(21) 出願番号 特願平6-253820
(22) 出願日 平成6年(1994)10月19日

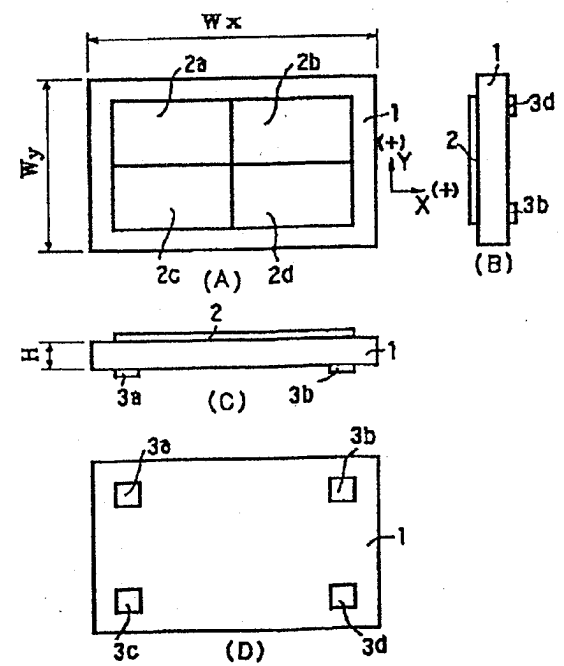
(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 高木 忠雄
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(74) 代理人 弁理士 鎌田 久男 (外1名)

(54) 【発明の名称】 超音波モータ

(57) 【要約】

【目的】 2次元方向に駆動が可能なL-B型の超音波モータを提供する。

【構成】 電気機械変換素子2aと2c及び電気機械変換素子2b, 2dをそれぞれ電気的に接続して第1及び第2のグループを形成し、各グループに互いに位相の異なる第1周波電圧を印加して、対象物との間にX方向の相対運動を生じさせ、電気機械変換素子2aと2b及び電気機械変換素子2c, 2dをそれぞれ電気的に接続して第3及び第4のグループを形成し、各グループに互いに位相の異なる第2周波電圧を印加して、前記対象物との間にY方向の相対運動を生じさせる。



310/323.02

【特許請求の範囲】

【請求項1】 弾性体と、その弾性体に結合される第1から第4の電気機械変換素子とから構成され、前記電気機械変換素子に入力される周波電圧にตอบสนองして、前記弾性体の所定位置に楕円振動を発生して、前記弾性体と接触する対象物との間に相対運動を生じさせる超音波モータにおいて、

第1方向の駆動信号にตอบสนองして、前記第1及び第2の電気機械変換素子を電気的に接続して第1のグループを形成し、前記第3及び第4の電気機械変換素子を電気的に接続して第2のグループを形成し、前記第1グループと前記第2グループとに互いに位相の異なる第1周波電圧を印加して、第1モードの振動と第2モードの振動とを発生させ、これらが縮退して楕円振動を発生して、前記対象物との間に前記第1方向の相対運動を生じさせ、第2方向の駆動信号にตอบสนองして、前記第1及び第3の電気機械変換素子を電気的に接続して第3のグループを形成し、前記第2及び第4の電気機械変換素子を電気的に接続して第4のグループを形成し、前記第3グループと前記第4グループとに互いに位相の異なる第2周波電圧を印加して、第3モードの振動と第4のモードの振動とを発生させ、これらが縮退して楕円振動を発生して、前記対象物との間に前記第2方向の相対運動を生じさせることを特徴とする超音波モータ。

【請求項2】 弾性体と、前記弾性体に結合される第1から第4の電気機械変換素子と、駆動信号を発生する駆動信号発生部と、第1方向又は第2方向のいずれに駆動するかを指示する駆動方向指示部と、前記駆動方向指示部が第1方向を指示した場合に、前記第1及び第2の電気機械変換素子を電気的に接続して第1のグループを形成し、前記第3及び第4の電気機械変換素子を電気的に接続して第2のグループを形成し、前記駆動方向指示部が第2方向を指示した場合に、前記第1及び第3の電気機械変換素子を電気的に接続して第3のグループを形成し、前記第2及び第4の電気機械変換素子を電気的に接続して第4のグループを形成するグループ化部と、前記グループ化部が第1及び第2のグループを形成したときに、前記第1グループと前記第2グループとに互いに位相の異なる第1周波電圧を前記駆動信号発生部から印加し、前記グループ化部が第3及び第4のグループを形成したときに、前記第3グループと前記第4グループとに互いに位相の異なる第2周波電圧を前記駆動信号発生部から印加する入力周波数指示部とからなり、前記弾性体は、前記第1周波電圧の印加により、第1モードの振動と第2モードの振動とが発生し、これらが縮退して所定位置に楕円振動を発生して、前記対象物との間に前記第1方向の相対運動を生じ、前記第2周波電圧

の印加により、第3モードの振動と第4のモードの振動とが発生し、これらが縮退して所定位置に楕円振動を発生して、前記対象物との間に前記第2方向の相対運動が生ずることを特徴とする超音波モータ。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の超音波モータにおいて、前記第1モードの振動と前記第3モードの振動とが縦振動であり、前記第2モードの振動と前記第4モードの振動とが屈曲振動であることを特徴とする超音波モータ。

【請求項4】 請求項3に記載の超音波モータにおいて、前記第2モードの振動と前記第4モードの振動とのモードの次数が異なることを特徴とする超音波モータ。

【請求項5】 請求項3に記載の超音波モータにおいて、前記第1モードの振動と前記第3モードの振動とが1次の縦振動であり、前記第2モードの振動が4次の屈曲振動であり、前記第4モードの振動が6次の屈曲振動であることを特徴とする超音波モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、弾性体に楕円運動を発生させて駆動力を得る超音波モータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】図4は、リニア型超音波モータの従来例を示す図である。従来のリニア型超音波モータは、棒状弾性体101の一端側に加振用の振動子102が配置され、他端側に制振用の変成器103が配置されている。各振動子102、103には、振動子102a、103aが接合されている。加振用の振動子102aに発振器102bから交流電圧を印加して棒状弾性体101を振動させ、この振動が棒状弾性体101を伝播することにより進行波となる。この進行波により、棒状弾性体101に加圧接触された移動体104が駆動される。

【0003】一方、棒状弾性体101の振動は、制振用の変成器103を通じて振動子103aに伝えられ、この振動子103aによって振動エネルギーが電気エネルギーに変換される。この振動子103aに接続された負荷103bにより電気エネルギーを消費することにより振動を吸収する。この制振用の変成器103により、棒状弾性体101の端面の反射を抑制して、棒状弾性体101の固有モードの定在波の発生を防いでいる。

【0004】図4のリニア型超音波モータは、移動体104の移動範囲だけ、棒状弾性体101の長さが必要であり、その棒状弾性体101の全体を加振しなければならず、装置が大型化するとともに、固有モードの定在波の発生を防止するために、制振用の変成器103などが

必要となる、という問題があった。

【0005】このような問題を解決するために、自走式の超音波モータが種々提案されており、例えば、「第5回電磁気力関連のダイナミクスシンポジウム講演論文集」の「222 光ピックアップ移動を目的とした圧電リニアモータ」に記載されている「異形縮退縦L1-屈曲B4モード・平板モータ」が知られている。

【0006】図5は、異形縮退縦L1-屈曲B4モード・平板モータの従来例を示す模式図であって、図5

(A)は正面図、図5(B)は側面図、図5(C)は平面図である。弾性体1は、矩形平板状の部材であって、一方の面に突起状の駆動力取り出し部1a、1bが形成されている。この駆動力取り出し部1a、1bは、弾性体1に発生する屈曲振動B4モードの腹の位置に設けられており、ガイドレール等の対象物に押し付けられる。電気機械変換素子2a、2bは、電気エネルギーを機械エネルギーに変換する素子であり、弾性体1の他方の面に貼付され、その弾性体1に縦振動L1モードと屈曲振動B4モードを発生させる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】次に、本発明者等が解明した、図5に示すモータの動作原理を説明し、併せて、その問題点に言及する。図6は、図5に示す異形縮退縦L1-屈曲B4モード・平板モータの駆動原理を説明する図である。この超音波モータは、図6(A)に示すように、2つの電気機械変換素子2a、2bに高周波電圧A、Bを印加することによって、屈曲振動と縦振動との複合振動を起こし、これにより駆動力取り出し部1a、1bの先端に楕円運動を発生させ、駆動力を発生させる構成になっている。ここで、Gはグラウンドである。また、2つの電気機械変換素子2a、2bは、互いに極性が同一方向になるように分極され、高周波電圧A、Bは、 $\pi/2$ の時間的位相差を有しているものとする。

【0008】図6(A)は、超音波モータに入力される2相の高周波電圧A、Bの時間的変化を $t_1 \sim t_9$ で示している。図6(A)の横軸は、高周波電圧の実効値を示している。図6(B)は、超音波モータの断面の変形の様子を示し、超音波モータに発生する屈曲振動の時間的変化($t_1 \sim t_9$)を示している。図6(C)は、超音波モータの断面の変形の様子を示し、超音波モータに発生する縦振動の時間的変化($t_1 \sim t_9$)を示している。図6(D)は、超音波モータの突起部11b、11cなどに発生する楕円運動の時間的変化($t_1 \sim t_9$)を示している。

【0009】つぎに、この超音波モータの動作を、時間的変化($t_1 \sim t_9$)ごとに説明する。時間 t_1 において、図6(A)に示すように、高周波電圧Aは正の電圧を発生し、同様に高周波電圧Bは同一の正の電圧を発生する。図6(B)に示すように、高周波電圧A、Bによる屈曲運動は互いに打ち消し合い、質点Y1とZ1とが

振幅零となる。また、図6(C)に示すように、高周波電圧A、Bによる縦振動は伸張する方向に発生する。質点Y2とZ2とは矢印で示されるように、節Xを中心にして最大の伸長を示す。その結果、図6(D)に示すように、上記両振動が複合され、質点Y1とY2との運動の合成が質点Yの運動となり、また、質点Z1とZ2との運動の合成が質点Zの運動となる。

【0010】時間 t_2 において、図6(A)に示すように、高周波電圧Bは零となり、高周波電圧Aは正の電圧を発生する。図6(B)に示すように、高周波電圧Aによる屈曲運動が発生し、質点Y1が正方向に振幅し、質点Z1が負方向に振幅する。また、図6(C)に示すように、高周波電圧Aによる縦振動が発生し、質点Y2と質点Z2とが時間 t_1 のときよりも縮む。その結果、図6(D)に示すように、上記両振動が複合され、質点YとZとが時間 t_1 のときよりも右回りに移動する。

【0011】時間 t_3 において、図6(A)に示すように、高周波電圧Aは正の電圧を発生し、同様に高周波電圧Bは同一の負の電圧を発生する。図6(B)に示すように、高周波電圧A及びBによる屈曲運動が合成されて増幅され、質点Y1が時間 t_2 のときよりも正方向に増幅され、最大の正の振幅値を示す。質点Z1が時間 t_2 のときよりも負方向に増幅され、最大の負の振幅値を示す。また、図6(C)に示すように、高周波電圧A及びBによる縦振動が互いに打ち消しあい、質点Y2とZ2とが元の位置に戻る。その結果、図6(D)に示すように、上記両振動が複合され、質点YとZとが時間 t_2 のときよりも右回りに移動する。

【0012】時間 t_4 において、図6(A)に示すように、高周波電圧Aは零となり、高周波電圧Bは負の電圧を発生する。図6(B)に示すように、高周波電圧Bによる屈曲運動が発生し、質点Y1は時間 t_3 のときよりも振幅が低下し、質点Z1時間 t_3 のときよりも振幅が低下する。また、図6(C)に示すように、高周波電圧Bによる縦振動が発生し、質点Y2とZ2とが収縮する。その結果、図6(D)に示すように、上記両振動が複合され、質点YとZとが時間 t_3 のときよりも右回りに移動する。

【0013】時間 t_5 において、図6(A)に示すように、高周波電圧Aは負の電圧を発生し、同様に高周波電圧Bは同一の負の電圧を発生する。図6(B)に示すように、高周波電圧A、Bによる屈曲運動は互いに打ち消し合い、質点Y1とZ1とが振幅零となる。また、図6(C)に示すように、高周波電圧A、Bによる縦振動は収縮する方向に発生する。質点Y2とZ2とは矢印で示されるように、節Xを中心にして最大の収縮を示す。その結果、図6(D)に示すように、上記両振動が複合され、質点YとZとが時間 t_4 のときよりも右回りに移動する。

【0014】時間 $t_6 \sim t_9$ に変化するにしたがって、

ば、PZT等の圧電素子又はPMN等の電歪素子等が用いられる。摺動部材3a~3dは、対象物（不図示）に接触する部分であって、弾性体1から駆動力を取り出す部分に設けられている。この摺動部材3a~3dは、四ふっ化エチレン樹脂（例えば、テフロン：デュボン社の商品名）や二硫化モリブデン等を含有したプラスチック等が用いられる。

【0024】この超音波モータは、電気機械変換素子2a~2dに周波電圧が印加されると、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、摺動部材3a~3dは、不図示の対象物に加圧接触しているために、その対象物との間に相対運動を生じる。

【0025】図2は、本発明による超音波モータの実施例の駆動回路を示すブロック図である。図2において、11は入力周波数指示部、12は発振器、13は移相指示部、14は移相器、15と16は増幅器、17はX-Y方向指示部、18~21はアナログスイッチである。

【0026】この超音波モータは、(X)の(+)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(X)を設定して、アナログスイッチ18と20をONにし、アナログスイッチ19と21をOFFにして、電気機械変換素子2aと2cを一体的に、電気機械変換素子2bと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0027】次に、移相指示部13によって(+)を設定して、移相器14により $\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(X)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波数指示部11は発振器12に第1の周波数を指示する。発振器12から第1の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2bと2dとに入力される。他方は、移相器14により $\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2cとに入力される。これにより、弾性体1には、1次の縦振動と6次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(X)の(+)方向に相対運動を生じることになる。

【0028】また、この超音波モータは、(X)の(-)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(X)を設定して、アナログスイッチ18と20をONにし、アナログスイッチ19と21をOFFにして、電気機械変換素子2aと2cを一体的に、電気機械変換素子2bと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0029】次に、移相指示部13によって(-)を設定して、移相器14によって $-\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(X)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波

数指示部11は、発振器12に第1の周波数を指示する。発振器12から第1の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2bと2dとに入力される。他方は、移相器14により $\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2cとに入力される。これにより、弾性体1には、1次の縦振動と6次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(X)の(-)方向に相対運動を生じることになる。

【0030】さらに、この超音波モータは、(Y)の(+)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(Y)を設定して、アナログスイッチ19と21をONにし、アナログスイッチ18と20をOFFにして、電気機械変換素子2aと2bを一体的に、電気機械変換素子2cと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0031】次に、移相指示部13によって(+)を設定して、移相器14によって $\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(Y)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波数指示部11は発振器12に第2の周波数を指示する。発振器12から第2の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2cと2dとに入力される。他方は、移相器14により $\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2bとに入力される。これにより、弾性体1には、1次の縦振動と4次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(Y)の(+)方向に相対運動を生じることになる。

【0032】最後に、この超音波モータは、(Y)の(-)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(Y)を設定して、アナログスイッチ19と21をONにし、アナログスイッチ18と20をOFFにして、電気機械変換素子2aと2bを一体的に、電気機械変換素子2cと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0033】次に、移相指示部13によって(-)を設定して、移相器14によって $-\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(Y)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波数指示部11は発振器12に第2の周波数を指示する。発振器12から第2の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2cと2dとに入力される。他方は、移相器14により $-\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2bとに入力される。

ば、PZT等の圧電素子又はPMN等の電歪素子等が用いられる。摺動部材3a~3dは、対象物（不図示）に接触する部分であって、弾性体1から駆動力を取り出す部分に設けられている。この摺動部材3a~3dは、四ふっ化エチレン樹脂（例えば、テフロン：デュボン社の商品名）や二硫化モリブデン等を含有したプラスチック等が用いられる。

【0024】この超音波モータは、電気機械変換素子2a~2dに周波電圧が印加されると、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、摺動部材3a~3dは、不図示の対象物に加圧接触しているために、その対象物との間に相対運動を生じる。

【0025】図2は、本発明による超音波モータの実施例の駆動回路を示すブロック図である。図2において、11は入力周波数指示部、12は発振器、13は移相指示部、14は移相器、15と16は増幅器、17はX-Y方向指示部、18~21はアナログスイッチである。

【0026】この超音波モータは、(X)の(+)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(X)を設定して、アナログスイッチ18と20をONにし、アナログスイッチ19と21をOFFにして、電気機械変換素子2aと2cを一体的に、電気機械変換素子2bと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0027】次に、移相指示部13によって(+)を設定して、移相器14により $+\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(X)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波数指示部11は発振器12に第1の周波数を指示する。発振器12から第1の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2bと2dとに入力される。他方は、移相器14により $+\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2cとに入力される。これにより、弾性体1には、1次の縦振動と6次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(X)の(+)方向に相対運動を生じることになる。

【0028】また、この超音波モータは、(X)の(-)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(X)を設定して、アナログスイッチ18と20をONにし、アナログスイッチ19と21をOFFにして、電気機械変換素子2aと2cを一体的に、電気機械変換素子2bと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0029】次に、移相指示部13によって(-)を設定して、移相器14によって $-\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(X)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波

数指示部11は、発振器12に第1の周波数を指示する。発振器12から第1の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2bと2dとに入力される。他方は、移相器14により $-\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2cとに入力される。これにより、弾性体1には、1次の縦振動と6次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(X)の(-)方向に相対運動を生じることになる。

【0030】さらに、この超音波モータは、(Y)の(+)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(Y)を設定して、アナログスイッチ19と21をONにし、アナログスイッチ18と20をOFFにして、電気機械変換素子2aと2bを一体的に、電気機械変換素子2cと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0031】次に、移相指示部13によって(+)を設定して、移相器14によって $+\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(Y)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波数指示部11は発振器12に第2の周波数を指示する。発振器12から第2の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2cと2dとに入力される。他方は、移相器14により $+\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2bとに入力される。これにより、弾性体1には、1次の縦振動と4次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a~3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(Y)の(+)方向に相対運動を生じることになる。

【0032】最後に、この超音波モータは、(Y)の(-)方向に移動させたいときには、まず、X-Y方向指示部17によって(Y)を設定して、アナログスイッチ19と21をONにし、アナログスイッチ18と20をOFFにして、電気機械変換素子2aと2bを一体的に、電気機械変換素子2cと2dを一体的にそれぞれグループ化する。

【0033】次に、移相指示部13によって(-)を設定して、移相器14によって $-\pi/2$ の移相を行う。この状態において、X-Y方向指示部17から(Y)方向の駆動を入力周波数指示部11に指示すると、入力周波数指示部11は発振器12に第2の周波数を指示する。発振器12から第2の周波数信号が出力されると、一方は、増幅器16によって増幅されて、電気機械変換素子2cと2dとに入力される。他方は、移相器14により $-\pi/2$ だけ移相された後に、増幅器15によって増幅されて、電気機械変換素子2aと2bとに入力される。

これにより、弾性体1には、1次の縦振動と4次の屈曲振動とが発生し、これらの2種類の振動が縮退して、弾性体1の摺動部材3a～3dを貼り付けた位置に楕円振動が発生し、対象物との間に(Y)の(-)方向に相對運動を生じることになる。

【0034】図3は、本発明の超音波モータの実施例をX方向とY方向にそれぞれ駆動する原理を説明する図である。弾性体1の長さWxを

$$Wx = 32 \cdot \pi \cdot H / (12)^{1/2}$$

$$\Omega_{B6X} = [16 \cdot \pi \cdot \pi \cdot (E \cdot I / \rho \cdot A)^{1/2}] / (Wx \cdot Wx) \\ = [(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (64 \cdot H)$$

となり、1次の縦振動と6次の屈曲振動とが一致して縮退することがわかる。従って、 $[(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (64 \cdot H)$ の周波数を入力することにより、超音波モータはX方向(紙面の左右方向)に駆動される。

【0036】次に、弾性体1の幅Wyを

$$Wy = 72 \cdot \pi \cdot H / (12)^{1/2}$$

にすると、1次の縦振動の共振周波数 Ω_{L1Y} は、弾性体

$$\Omega_{B4Y} = [16 \cdot \pi \cdot \pi \cdot (E \cdot I / \rho \cdot A)^{1/2}] / (Wy \cdot Wy) \\ = [(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (144 \cdot H)$$

となり、1次の縦振動と4次の屈曲振動とが一致して縮退することがわかる。従って、 $[(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (144 \cdot H)$ の周波数を入力することにより、超音波モータは、Y方向(紙面の上下方向)に駆動される。

【0038】当然ながら、X方向に駆動するための入力周波数 $[(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (64 \cdot H)$ と、Y方向に駆動するための入力周波数 $[(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (144 \cdot H)$ とは異なるので、X方向の駆動とY方向の駆動とを選択することができる。

【0039】なお、正確には、電気機械変換素子2a～2dや、摺動部材3a～3dの影響も考慮して、共振周波数を求める必要があるが、相当複雑な計算になるので、ここでは省略する。

【0040】本実施例では、図3に示すように、摺動部材3a～3dは、4次の屈曲振動B4の振動(第3モードの振動に相当する)の腹位置と、6次の屈曲振動B6の振動(第4モードの振動に相当する)の腹位置との交点の位置に、X方向(第1方向に相当する)の相對運動の取り出し部とY方向(第2方向に相当する)の相對運動の取り出し部とを共用するように配置してある。

【0041】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、電気機械変換素子のグループ分けを、駆動方向に応じて変えるようにしたので、2次元方向に駆動が可能な超音波モータが得られる、という効果がある。

*にすると、1次の縦振動の共振周波数 Ω_{L1X} は、弾性体1の縦弾性係数をE、密度を ρ としたときに、 $\Omega_{L1X} = [\pi \cdot (E / \rho)^{1/2}] / (2 \cdot Wx)$
 $= [(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (64 \cdot H)$ となる。

【0035】また、6次の屈曲振動の共振周波数 Ω_{B6X} は、弾性体1の断面2次モーメントをI、断面積をAとしたときに、

※1の縦弾性係数をE、密度を ρ としたときに、 $\Omega_{L1Y} = [\pi \cdot (E / \rho)^{1/2}] / (2 \cdot Wy)$
 $= [(12 \cdot E / \rho)^{1/2}] / (144 \cdot H)$ となる。

【0037】また、4次の屈曲振動の共振周波数 Ω_{B4Y} は、弾性体1の断面2次モーメントをI、断面積をAとしたときに、

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による超音波モータの実施例を三角法で描いた平面図、側面図、正面図、底面図である。

【図2】本実施例に係る超音波モータの駆動回路を示すブロック図である。

【図3】本発明の超音波モータをX方向とY方向にそれぞれ駆動する原理を説明する図である。

【図4】リニア型超音波モータの従来例を示す図である。

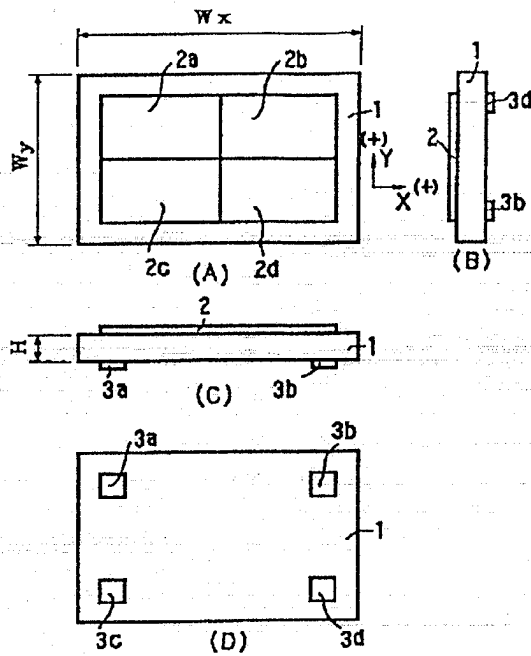
【図5】異形縮退縦L1-屈曲B4モード・平板モータの従来例を示す模式図であって、図5(A)は正面図、図5(B)は側面図、図5(C)は平面図である。

【図6】図5に示す異形縮退縦L1-屈曲B4モード・平板モータの駆動原理を説明する図である。

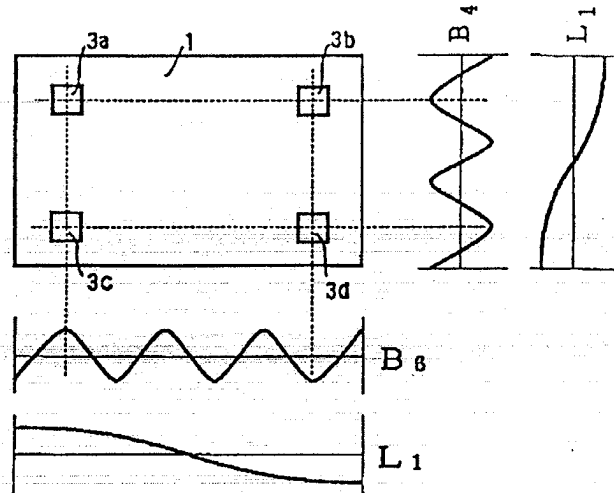
【符号の説明】

- 1：弾性体
- 2, 2a～2d：電気機械変換素子
- 3, 3a～3d：摺動部材
- 11：入力周波数指示部
- 12：発振器
- 13：移相指示部
- 14：移相器
- 15, 16：増幅器
- 17：X-Y方向指示部
- 18～21：アナログスイッチ

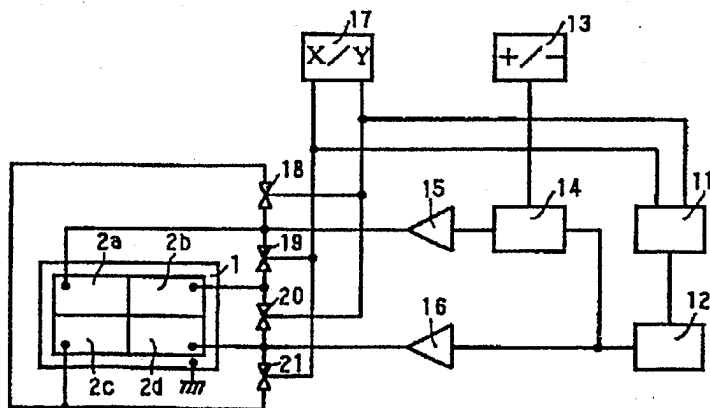
【図 1】



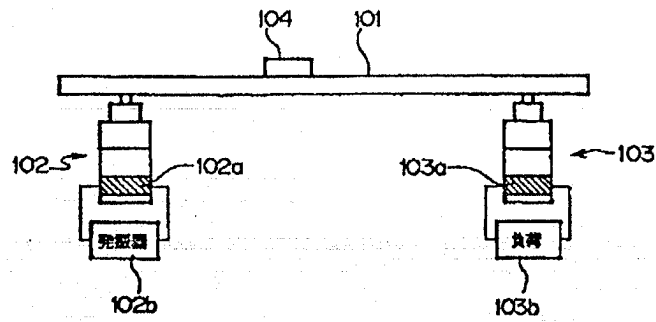
【圖 3】



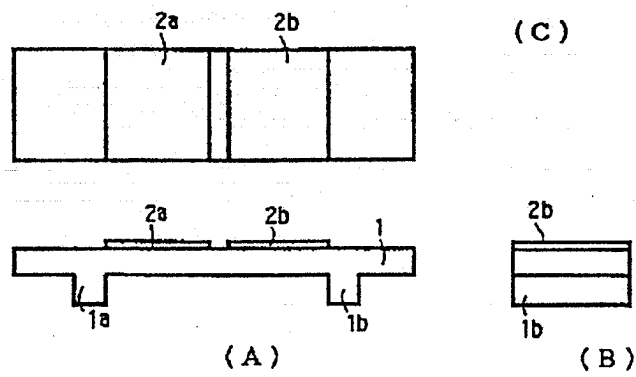
【図2】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

